

47 積雪寒冷地の小流域における表土凍結と冬期渴水時の流出特性

北海道土木部：○南里 智之 北大農：笹賀一郎、佐藤 冬樹、藤原 淩一郎

はじめに

冬期渴水時における河川の流出成分は、冬期以前の流域への水の供給によるものと積雪下面からの融雪水によるものと考えられる。このうち積雪下面融雪とは、気温は 0°C 以下でも積雪の断熱効果及び地熱により積雪の下面がわずかずつ融けている現象であるが、表土が凍結すると起こらないことも報告されている²⁾。本研究では、このような考えを流域レベルまで広げて、冬期の渴水流出に表土の凍結がどの程度影響を与えるのかということを把握しようとした。

1. 方法と概況

調査地は日本最北端の宗谷丘陵において、凍結状況が異なると思われた2流域（サンナイ川・オテンナイ川流域）を選び（図-1）、流量の連続観測及び積雪状況、表土凍結状況を調査し、比較・検討を行った。

地形的には、両流域ともに緩斜面の広い尾根部と谷沿いの急斜面とから構成されている。植生状況は尾根部が牧草地となっており、谷部はサンナイ川流域ではササ地が主だが、オテンナイ川流域では林地が主で尾根部にも林が残存しているところが多い（図-2）。また、宗谷丘陵は国内でも屈指の強風地帯であり、1990年1、2月の宗谷岬気象観測所のデータによると、日最大風速10m/s以上の日が1月で26日、2月は22日となっている。

2. 積雪と表土の凍結

2. 1 積雪・表土凍結状況

地形・植生状況の異なる5地点（前図-2の①～⑤）で1989年12月末～1990年4月初めにかけて5回、積雪深と表土凍結の有無を調べた（図-3）。サンナイ川流域では谷底から急傾斜の斜面下部にかけて積雪が多いが、尾根から緩傾斜の斜面上部においては、12、1、2、3月とも積雪深20cm以下で、表土の凍結が認められた。オテンナイ川流域においても⑤地点を除いて同様の傾向を示し、谷部で積雪が多く、尾根部で

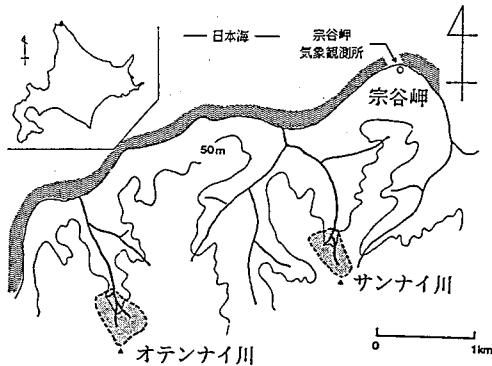


図-1 調査地位置

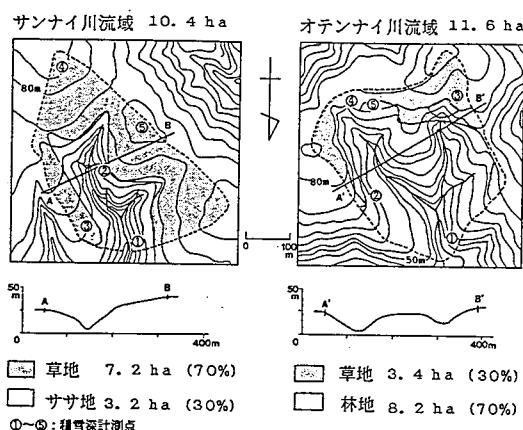


図-2 地形・植生状況

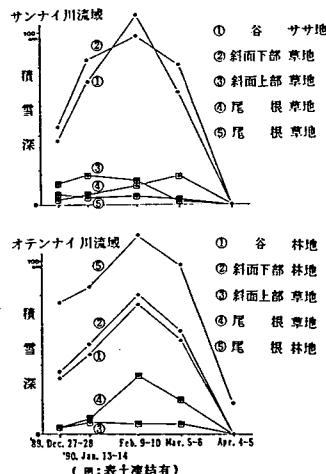


図-3 積雪深の推移と表土凍結状況

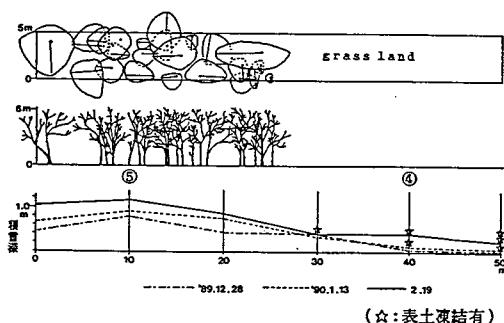


図-4 オテンナイ川流域内尾根の積雪深変化

は積雪が小さく表土凍結が認められた。図-4に、そのオテンナイ川流域の⑥地点付近の積雪深変化を示した。④草地⑤林地は、いずれも尾根部である。10 m間隔で6点について積雪深を12、1、2月の3回計測した。林内では12月でも積雪深40 cm以上で、その後も増加しており表土凍結は認められなかったが、草地では12、1、2月とも積雪深40 cm以下で、林地から離れるほど早い時期から表土の凍結が認められた。宗谷丘陵のような強風地域では、谷部ではいわゆる吹きだまりで積雪深が大きくなっているが、尾根部では積雪移動により積雪深が小さくなり表土が凍結するものと思われる。しかしながら、尾根であっても林地部分では、積雪の移動が少なくある程度の積雪が存在し、表土の凍結が生じなかったものと考えられる。

2.2 表土凍結分布の推移

表土凍結の分布を1990年2月9～10日、3月6～7日、4月4～5日の3回調査した(図-5)。2月はサンナイ川流域では谷部を除いた広い範囲で表土が凍結しており、凍結域は62%であった。オテンナイ川流域では、源頭部にあたる一部の草地のみで凍結が認められ、凍結域は16%であった。3月も2月と同様な傾向でサンナイ川流域の57%、オテンナイ川流域の15%で表土凍結していた。4月は、表土凍結は認められなかったが、サンナイ川流域の28%、オテンナイ川流域の10%で地表下の土壤が凍結していた。

図-5から、気温が0℃以下になり始めると12月初めに尾根の一部で表土が凍結し始め⁴⁾、凍結域が広がっていき、12月末には、前図-3より2月の凍結面積率に近い値になっていたことが推測される。その後、2月の調査日以降は気温が0℃を超える日が多くなり、凍結面積率は減少していった。

3. 表土凍結と冬期渇水時の流出

3.1 表土凍結と冬期渇水時の流出特性

図-6に1989年12月28日～1990年2月28日までの両川における日流量の変動及び凍結域と非凍結域における平均積雪深の推移、降水量、

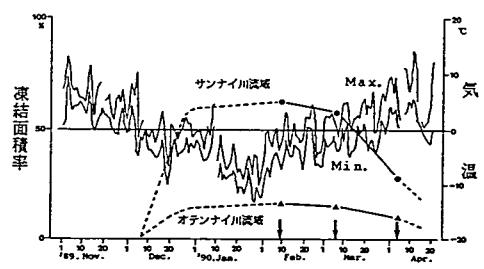


図-5 凍結域の推移と気温

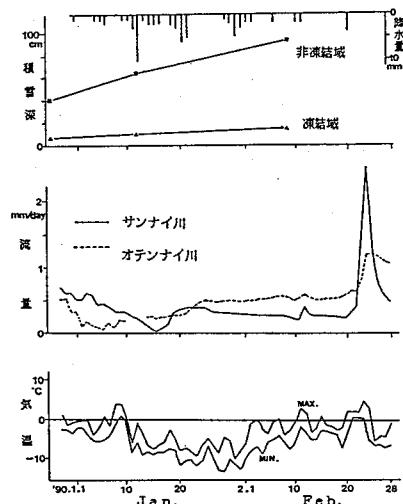


図-6 冬期渴水時の日流量変動

その結果流量も定常状態になったものと考えられる。

3.2 表土凍結面積率と冬期渴水流量

表土の凍結が認められない流域においても、冬期渴水流量を計測した。天塩川の支流で北海道北部中川郡中川町内に位置する銅蘭川・マクンナイ川であるが、植生状況に関して銅蘭川では林地が主、マクンナイ川では草地が主で尾根部も草地であることが特徴である。1989年12月～1990年4月にかけて5回流量を測定した結果、2月8日の流量が最低で両川とも 0.53 mm/day であった。この2流域において冬期渴水時の表土凍結面積率は0%である。

一方、宗谷のオテンナイ川流域における冬期渴水時の表土凍結面積率は16%、サンナイ川流域では62%である。図-7にこれら4川の冬期渴水時の表土凍結面積率と日流量との関係を示した。これを見ると、表土凍結面積率が大きい程、冬期渴水流量は小さくなっている。つまり、凍結域（積雪下面融雪がおこらない地域）の大小により冬期渴水流量が影響されているものと考えられる。

4. 積雪寒冷地における冬期渴水時の流出特性

4.1 冬期渴水時の流出と基底流出量

表-1に調査流域及び北海道・苫小牧地方の幌内川の冬期・夏期渴水流量を示した。なお、幌内川は第四紀の樽前火山東山麓を流れる川で、流域は厚い火山噴出物に覆われている。

サンナイ川、オテンナイ川、銅蘭川、マクンナイ川の冬期渴水流量は約 $0.3 \sim 0.5 \text{ mm/day}$ であるが、冬期渴水時の唯一の水の供給源である積雪下面融雪水がおよそ 0.5 mm/day 程度^{1,3)}であることを考えると、この4

またこの期間の日最高・最低気温を示した。流量減少過程をみると、1月の中頃まで2～3日周期の小刻みなフレを繰り返しながら低減している。この期間は積雪下面融雪水を供給する非凍結域においても積雪深が40cm程しかなく、気温変動による凍結面積率の変化及び積雪下面融雪量の変化の影響が現れているものと思われる。そしてオテンナイ川で1月6日、サンナイ川で1月16日に最低流量(0.1 mm/day 以下)が見られた。ここで、冬期以前の流域への水の供給による流出の影響が終わり、この後やや流量は増加して、約1ヶ月間定常状態(1月20日～2月20日の平均日流量、サンナイ川： 0.31 mm/day 、オテンナイ川： 0.51 mm/day)であった。この時点で非凍結域の積雪深も60cmを超えたため積雪下面からの融雪量が安定供給され、

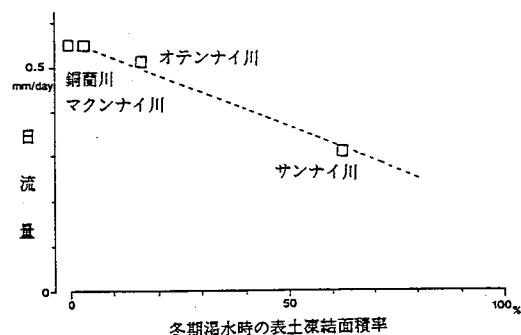


図-7 表土凍結面積率と冬期渴水流量

表-1 渇水流量－冬期・夏期

| 地図 | 汎流域名 | 冬期渴水流量 mm/day | 夏期渴水流量 (降水量超過) mm/day |
|---------|-----------------|-------------------|-----------------------------|
| 第三紀層岩地域 | サンナイ川 オテンナイ川 | 0.31 0.51 | 0 (19日) 0.48(19日) |
| | 銅蘭川 マクンナイ川 | 0.53 0.53 | 0.16(22日) 0.08(22日) |
| 第四紀山地地域 | 幌内川 | 2.53 ^a | 2.53 ^a (19日) |
| | | | * |

*：北海道大学古小牧地方調査所測定

川の冬期渴水時流出の主成分は積雪下面融雪水によるもので、冬期渴水時には冬期以前の流域への水の供給による影響はほとんどない流域であると思われる。

これに対して幌内川は基底流出量が大きく、冬期渴水時においても冬期以前の流域への水の供給による流出の影響が大きいため、冬期渴水流量も大きな値を示していたものと思われる。

4.2 積雪寒冷地における冬期渴水時の流出特性

図-8に積雪寒冷地における冬期渴水流量とそれに対する影響因子を示した。まず、降雪量が小さい流域においては、積雪深が小さく表土が凍結し積雪下面融雪は起こらない。よって、冬期渴水流量は冬期以前の流域への水の供給による流量のみで構成される。

降雪量が大きい流域においては、風の状況によって変わり、風が弱い場合、地形・植生に関係せず積雪が形成され表土凍結は起こらない。よって流域全面で積雪下面融雪水が供給される。次に、降雪量が大きくかつ風が強い流域であるが、表土凍結面積率は流域における尾根部の占める割合を上限として、その尾根部の林地割合が大きくなるほど表土凍結面積率は下がるものと考えられ、そしてその表土凍結面積率の大小が冬期渴水流量に影響を与えるものと思われる。

サンナイ川、オテンナイ川、銅蘭川、マクンナイ川は4.1より、積雪下面融雪水による流量がそのまま冬期渴水流量になっているものと推察されたが、仮に流域全面で表土凍結が起これば、冬期渴水流量は0に近い値になるものと推測される。

おわりに

冬期渴水時の水源確保には、特に基底流出量の小さい流域においては表土凍結の防止が重要な対策になると考えられる。宗谷丘陵において考えると、丘陵部分の積雪を増大させることが必要であり、地形の大きな改変は望めないことから、森林の造成やフェンス設置などによる積雪の確保が有効な対策となり得るであろう。

文献

- 1) 藤原 淩一郎：札幌の積雪下面融雪量。日林北支論, 37, 183-185, 1989
- 2) 北原 曜他：林地における地面融雪量測定例。北海道の雪氷, 2, 41, 1983
- 3) 小島 賢治：低温多雪地域の冬期間積雪下面における融雪量。低温科学物理編, 41, 99-107, 1982
- 4) 佐藤 冬樹 他：少積雪・強風地帯における土壤凍結と堆雪柵の効果について。日林北支論, 38, 215-217, 1990